Zum Klima Jordaniens

W. WAITZBAUER & B. PETUTSCHNIG

Abstract: On the climate of Jordan. — Jordan is influenced by different climatic regimes that change from north to south and west to east, being affected by altitude and geographical latitude. The northern and western hills are rich in vegetation and controlled by the Mediterranean climatic zone, with a mean annual rainfall of 550 mm and moderate temperatures. The Mediterranean influence is also evident in the south of Jordan in high regions of the mountainous highlands east of the Rift valley. The lowest mean temperatures can be registered in January (around 3°C), but can fall below zero at elevations above 800 m, accompanied by rainfall or occasional snowfall in the winter. As one proceeds east or south, the climatic conditions become dry and hot due to the geographic position near the huge arid areas of the Syrian and Arabian deserts. The amount and period of rainfall varies from year to year. The southern desert records a mean annual precipitation of 50 mm, in extreme years around 25 mm or less. Nevertheless, temporary thunderstorms can be dangerous and cause extensive erosion. Due to the mostly clear skies and intense solar radiation, temperatures in the desert show big day/night differences. In the desert, the summer mean temperature can rise to 40°C. In extreme years, even over 50°C in the shade have been registered in Aqaba, the Wadi Araba and the Dead Sea depression. Sometimes the "Samum", a hot and dry wind from the Sinai, can cause air temperatures to increase by more than 15 degrees within hours. This is generally a severe problem for vegetation, especially in cultivated areas. During recent years, Jordan has registered very hot summers and only small amounts of rain. In light of global climate change, this could have dramatic consequences for agriculture, livestock and the regeneration of drinking water resources in the next decades.

Key words: Climate, precipitation, rainfall, temperature, Jordan.

Paläoklima

Gegenwärtig nicht mehr durchflossene Wadi-Systeme und Reliktvorkommen gewisser Arten wie *Juniperus phoenicea* weisen darauf hin, dass es während des Pleistozäns Klimaperioden gegeben hat, die deutlich feuchter waren als das heutige Klima der ariden Großräume (ABU-SAFAT 1986). Ob sich diese Perioden jedoch mit den Eiszeiten und Zwischeneiszeiten nördlicherer Breiten im Sinne von niederschlagsreichen und kühleren Pluvialen und trockeneren und wärmeren Interpluvialen korrelieren lassen (HOROWITZ & ASSAF 1981, HOROWITZ 1988) oder nicht (ZOHARY 1973, FREY & UERPMANN 1981, WOLFART 1987), ist umstritten.

Als gesichert gilt, dass es während der Eiszeiten zu einer deutlichen Abkühlung auch der Gegenden südlich der eisbedeckten Landmassen und zu einem Absinken des Meeresspiegels kam (WOLFART 1987). Es erhebt sich dabei die Frage, ob erhöhte Regenmengen für die damals existierenden riesigen Seen, wie den Lisan See, den See von El-Jafr und den See von Azraq (HOROWITZ & ASSAF 1981, ABU-SAFAT 1986) verantwortlich waren oder ob nicht schon die herabgesetzte Verdunstungsrate während kühlerer Zeiten zur Ansammlung von Wassermengen in Endbecken ausgereicht hätte (FREY & UERPMANN 1981).

Allgemein wird eine Klimaänderung mit einem gegenwärtig starken Trend zur Zunahme der Aridität angenommen. Die Verbreitungsmuster von thermophilen mediterranen Baumarten, wie *Juniperus phoenicea* und *Ceratonia siliqua* in der Levante würden dies bestätigen (BAIERLE 1993).

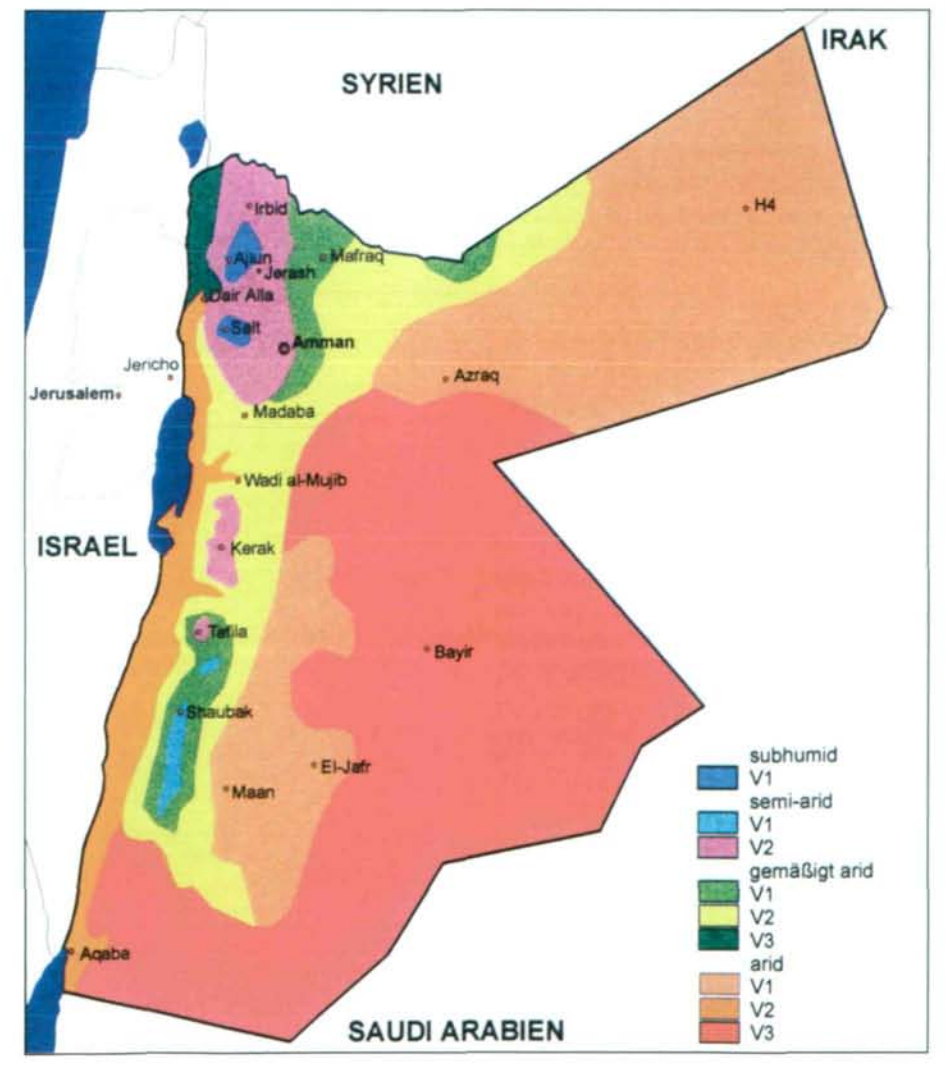
Klimatische Parameter

Der Mediterranraum und der subtropische Wüstengürtel grenzen in Jordanien



Abb. 1: Die Kreuzritterburg von Shobak im Schnee ist im Winter kein ungewöhnliches Bild. In höheren Lagen können Schneefälle durchaus ergiebig sein.

Abb. 2: Übersicht der Großklimaräume Jordaniens.



entlang einer von Norden nach Süden verlaufenden Übergangszone, dem irano-turanischen Steppengürtel, aneinander. Die Übergänge sind fließend und häufig von der Höhenlage und Exposition abhängig. Zusätzlich reichen hier von Nordosten noch arid-gemäßigte Klimazonen mit kontinentalen Einflüssen herein. Daher sind die Winter in höheren Lagen kalt und können kurzzeitig sogar schneereich sein (Abb. 1).

Generell zeigt der Klimaverlauf für ganz Jordanien – auch das Jordantal – ein mediterranes Muster (ZOHARY 1973) mit warmen bis heißen, trockenen Sommermonaten und niederschlagsreicherem, kühlem Winter. Die Unterschiede zwischen den Klimaregionen sind in Bezug auf Temperatur und Niederschlag quantitativer Natur, die jahreszeitliche Verteilung bleibt dabei gleich.

Die allgemeine Klimacharakteristik steht in engem Zusammenhang mit Hoch- und Tiefdruckgebieten, die sich über dem Mittelmeer bilden. Im Winter, der üblicherweise im November beginnt und im März endet, sind die marinen Wassermassen im Vergleich zum umgebenden Land warm. Tiefdruckgebiete bilden sich und wandern von Westen nach Osten über das Meer, wobei sie kontinuierlich abregnen (JAFFE 1988). Die Ostmediterraneis erhält daher weniger Niederschlag als der westliche Mittelmeerraum. Die Niederschläge sind instabil, sowohl in ihrem zeitlichen Auftreten als auch im Ausmaß (ORSHAN 1986). Wind, der meist aus Südwesten, manchmal auch aus Süden weht, kann sehr heftig sein (National Atlas of Jordan 1984).

Im Sommer, der im Juni beginnt und im September endet, ändert sich die klimatische Situation. Nun ist der Meeresraum im Verhältnis zur umgebenden Landmasse relativ kühl und fördert daher die Bildung eines Hochdruckgürtels, der zwischen zwei Tiefdruckrinnen über der Türkei und Ägypten liegt. Diese Druckverhältnisse äußern sich in stabilem, niederschlagsfreiem Schönwetter und gleichmäßig wehenden Westwinden, den „Ethesischen" Winden (JAFFE 1988). Der Monat mit der geringsten Anzahl windstiller Tage ist der Juli (BENDER 1968).

Frühling und Herbst sind als Übergangszeiten durch geringe Niederschlagsmengen und gelegentliche Hitzewellen geprägt, die

auch durch heiße und trockene Winde aus dem Süden und Osten, dem Khamzin, verursacht werden können.

Die Jahresdurchschnittstemperatur erhöht sich dabei in Jordanien von Norden nach Süden entsprechend der geographischen Breite. Mit zunehmender Entfernung vom Mittelmeer steigt der Grad an Kontinentalität von Westen nach Osten, weshalb sowohl im Jahres- als auch im Tagesverlauf die Temperaturextreme der westlichen und östlichen Landesteile stark differieren. Länger dauernde Winterfröste kommen – außer in Hochlagen – daher vor allem im Osten vor. ALEX (1985) gibt für die H4 und H5 Pumpstationen östlich von Azraq im Nordosten Jordaniens 16,9 bzw. 13,4 Frosttage im Jahresdurchschnitt an, während die im Nordwesten gelegene Stadt Irbid nur 5,3 Tage unter der Nullgrad-Grenze aufweist.

Die Menge an jährlichem Niederschlag nimmt mit zunehmender Entfernung vom Mittelmeer generell von Norden nach Süden und von Westen nach Osten ab. Entscheidenden Einfluss auf diese räumliche Verteilung üben nicht nur die geographische Länge und Breite aus, sondern auch physiographische Faktoren, wie insbesondere der Wadi Araba-Jordan Graben mit seinem steilen Höhengradienten. An den Randgebirgen westlich und östlich des Grabens regnen vom Mittelmeer aus dem Westen kommend feuchte Luftmassen – im Jahresmittel 300-600 mm – als Steigungsregen ab, während im Regenschatten dieser Gebirge wüstenhafte Niederschlagsbedingungen mit jährlich etwa 100 mm und darunter herrschen (HATOUGH-BOURAN 1998).

Eine Zone gleich hoher Niederschlagssummen und geringerer Durchschnittstemperaturen (minimale und maximale Durchschnittswerte zwischen 5-20° C) liegt im Süden des Landes im Bereich der bis zu 1750 m hohen Steilstufe von Ras En Naqb westlich von Maan und bildet so eine Insel mediterraner Klimaverhältnisse inmitten eines Gebietes mit Steppencharakter (Abb. 2). Schon wenige Kilometer ostwärts erstreckt sich bis Maan ein schmaler Klimasaum, der mit Niederschlagsmengen von 50-100 mm rasch zum weiten, vollariden Klimaraum der Wüste mit weniger als jährlich 50 mm überleitet (ALLISON et al. 1998).

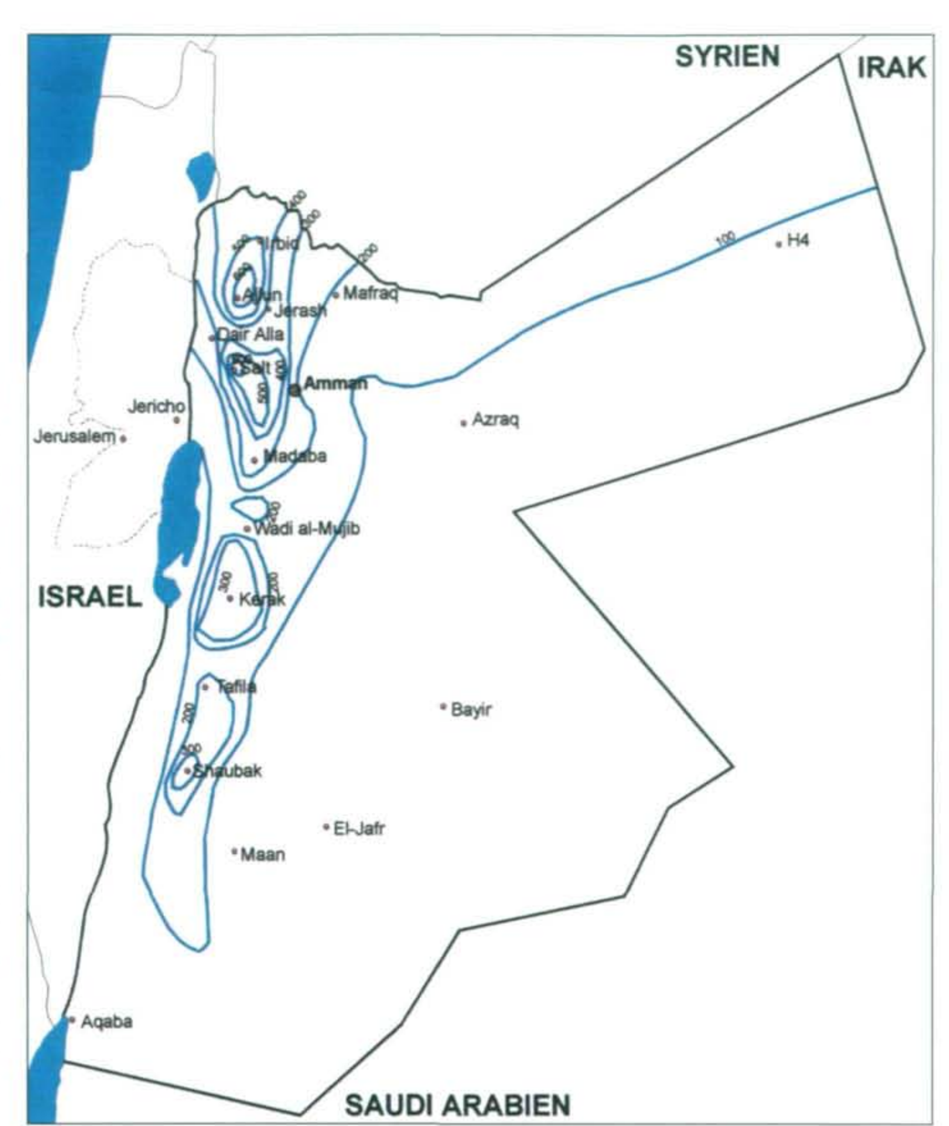


Abb. 3: Mittlerer jährlicher Niederschlag (in mm). Man beachte das durch die regenstauenden Randgebirge entlang des Grabenbruches bedingte starke West-Ostgefälle der Niederschlagsverteilung. Gleichzeitig ist auch ein deutliches Nord-Süd-Gefälle ausgebildet.

Die Tiefe des Wadi Araba-Jordan Grabens mit über 400 m unter dem Meeresspiegel bedingt einen Hitzestau, deshalb sind die Winter mild und frostfrei (ALEX 1985). Die mittleren jährlichen Minimumtemperaturen liegen hier zwischen 10-20° C, die Maximaltemperaturen bei 20-35° C mit Niederschlagsmengen um die 50-100 mm. Diese günstigen Klimabedingungen ermöglichten schon während der tertiären und zwischeneiszeitlichen quartären Wärmeperioden die Einwanderung subtropischer, sudanischer Floren- und Faunenelemente von Süden her bis in die Depression des Toten Meeres (z. B. verschiedene Akazien-Arten, oder Säugetiere wie Klippschliefer und Streifenhyäne) (ZOHARY 1973, LARSEN & NAKAMURA 1983, AL-EISAWI 1985). Die Nordgrenze dieses biogeographisch wichtigen Areals lässt sich jedoch nicht exakt definieren sondern pendelt mit dem wechseln-

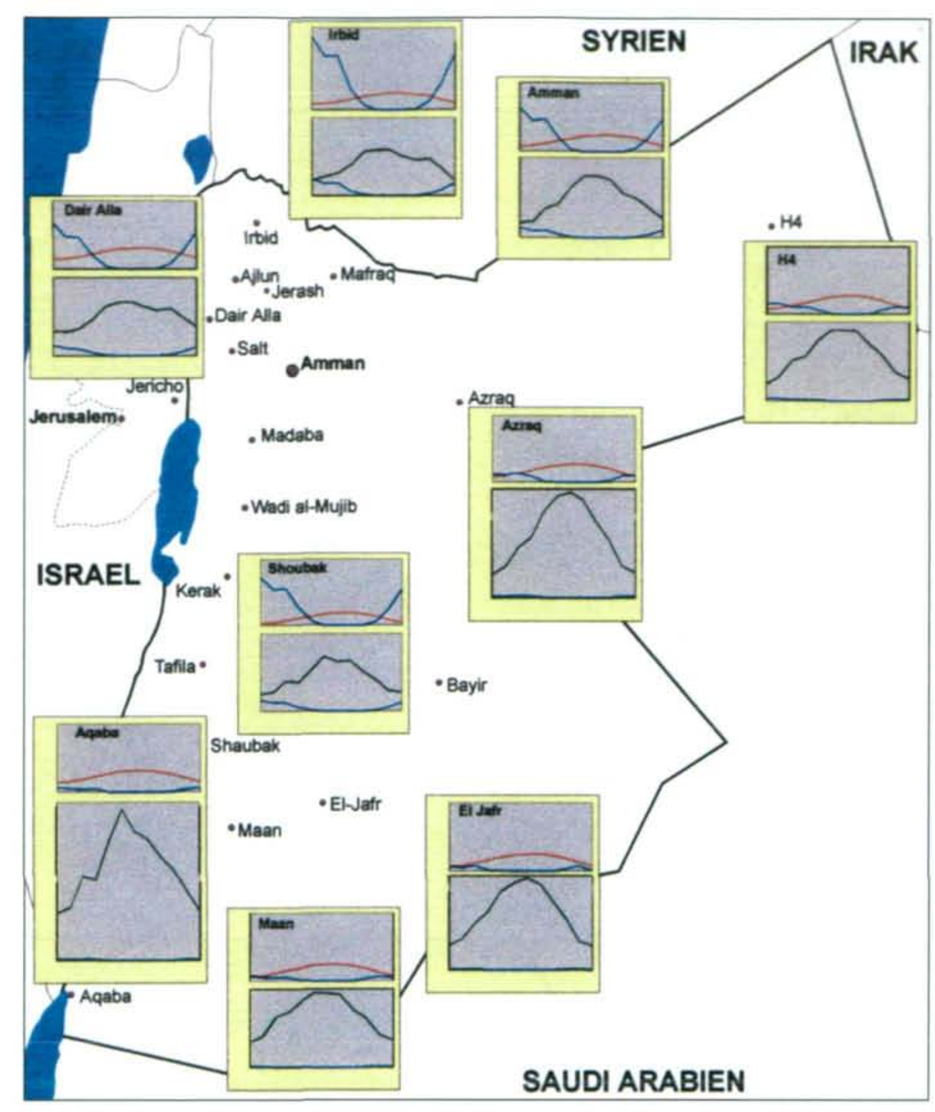


Abb. 4: Klimadiagramme ausgewählter Stationen im Gefälle W-E und N-S.



Abb. 5: Regenfälle treten oft unvermutet als Sturzwasserereignisse mit starker Erosionswirkung auf. Ein kleines Rinnsal bei Petra schwoll nach einem Gewitter in nur einer halben Stunde zu einem reißenden Fluss an.

den Klima der einzelnen Jahre (HATOUGH-BOURAN 1998). Die Grabenzone mit den Randgebirgen bildet also eine wesentliche Unterbrechung der sonst gleichmäßig verteilten Niederschlags- und Temperaturgradienten. Die hohe Randgebirgskette dient weiters als Klimascheide zwischen den sehr warmen Wüstengebieten des Wadi Araba und den kühleren, kontinental beeinflussten östlichen Wüstengebieten.

Klimafaktoren

Niederschlag

Wie vorangehend bereits angedeutet, wird die räumliche Verteilung des Niederschlags in Jordanien durch mehrere Faktoren kontrolliert, deren wichtigste die Physiographie der Landschaft und räumliche Entfernung vom Mittelmeer sind. Trotz der geographischen Gliederung Jordaniens in neun bioklimatische oder biogeographische Regionen (AL-EISAWI 1985), bestimmt generell der ostmediterrane Raum das Klimageschehen mit meist milden, mäßig niederschlagsreichen Wintern und heißen, trockenen Sommermonaten (THE GENERAL CORPORATION 1998).

Demzufolge nimmt die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge mit dem geographischen Längen- und Breitengrad von Norden nach Süden und von Westen nach Osten beträchtlich ab (Abb. 3). Höhere Erhebungen stellen stets Klimainseln mit höherem Niederschlag dar. Die Gebiete mit den höchsten Niederschlagswerten von >550 mm/Jahr (ATKINSON & BEAUMONT 1971) liegen im Nordwesten im Bergland über dem Jordantal in den Regionen um Ajlun und es Salt. Von hier aus nehmen die Niederschlagswerte rapid nach Osten und Süden ab. In den Gebirgen des Südens in der Region um Kerak und um Shoubak zwischen 1000 und 1365 m Höhe, erreichen die Niederschläge noch einmal um 300 mm/Jahr und sinken von dort sehr steil nach Westen, Osten und Süden auf unter 50 mm/Jahr (Abb. 4). Hier muss aber auch betont werden, dass Jahresmittelwerte des Niederschlages besonders in ariden Gebieten oft irreführend sind, da in aufeinanderfolgenden Jahren Abweichungen vom Mittelwert bis zu 100 % festgestellt werden können (ORSHAN 1986).

Trotzdem können Isohyeten, also Linien, die Punkte gleicher Niederschlagsmittelwerte miteinander verbinden, herangezogen werden, um eine ungefähre Grenze zwischen den einzelnen Klimaregionen festzulegen.

Obwohl Regenfälle von Oktober bis Mai auftreten können, konzentriert sich der Großteil der jährlichen Niederschlagsmenge auf die Wintermonate von Dezember bis März. In den Hochlagen über 800 m können Niederschläge auch als Schnee auftreten. Die Stadt Tafila (1000 m NN) hat jährlich durchschnittlich 4, maximal 9 Schneetage (BAIERLE 1993).

Mit abnehmenden Niederschlagsmittelwerten ändert sich die Niederschlagscharakteristik von periodisch zu episodisch – in einzelnen Jahren können Niederschläge also ganz ausbleiben (PURSCHKE 1990). Die jährliche Variabilität der Niederschlagsmengen ist in semiariden Räumen grundsätzlich sehr hoch. So kann die Höhe der Niederschläge in einem Regenjahr im Nordwesten bis zu 800 mm ansteigen und selbst in den Wüstengebieten noch 100 mm betragen, während sie analog dazu in einem Trockenjahr auf 400 mm bzw. 25 mm fällt. Episodische Niederschläge stellen daher keine ungewöhnliche Wettersituation dar. Nicht selten treten sie dann mit schweren Unwettern als Starkregen auf (Abb. 5). Diese sogenannte „torrentielle" Niederschlagscharakteristik (PURSCHKE 1990, BAIERLE 1993) führt dazu, dass ein Großteil des Regens an der Oberfläche abrinnt und nicht vom Boden aufgenommen werden kann. Da die ausgetrockneten Böden zudem meistens keine Vegetationsdecke tragen, ist ihre Erosionsgefährdung sehr hoch. Eine stark erosive Wirkung haben Niederschläge im Bereich der weichen paläozoischen Sandsteinserien, wie etwa in Petra, welches aufgrund seiner Höhenlage von über 1000 m an die 250 mm Niederschlag empfängt (Abb. 6). Die maximalen Niederschlagswerte können innerhalb von 24 Stunden z. B. im 1365 m hoch gelegenen Shoubak 98 mm erreichen, das entspricht 27 % des durchschnittlichen Jahresniederschlags und in Maan – im Bereich der südöstlichen Wüste – 30 mm, das sind 75 % des mittleren Jahresniederschlags

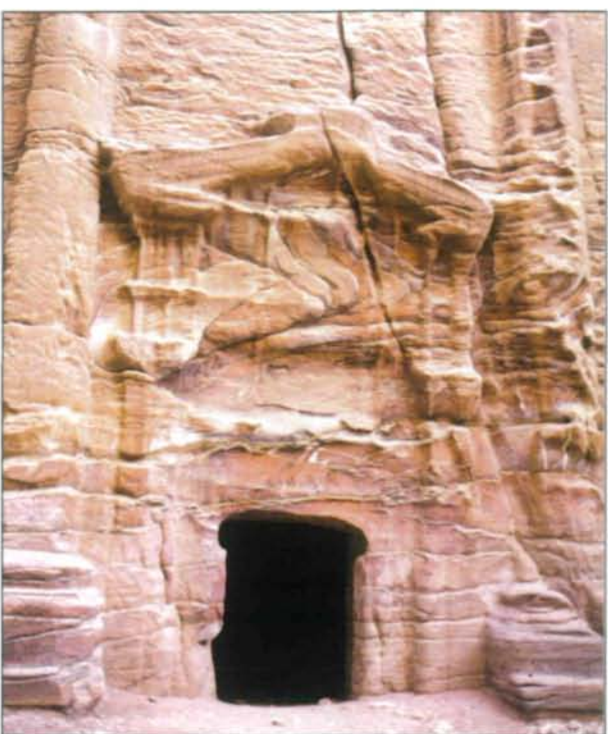


Abb. 6: Über Jahrhunderte hinweg haben Regenfälle im weichen Sandsteinportal einer antiken Grabkammer in Petra ihre erosiven Spuren hinterlassen.



Abb. 7: Mittlere Jahresdurchschnittstemperaturen in Grad Celsius.

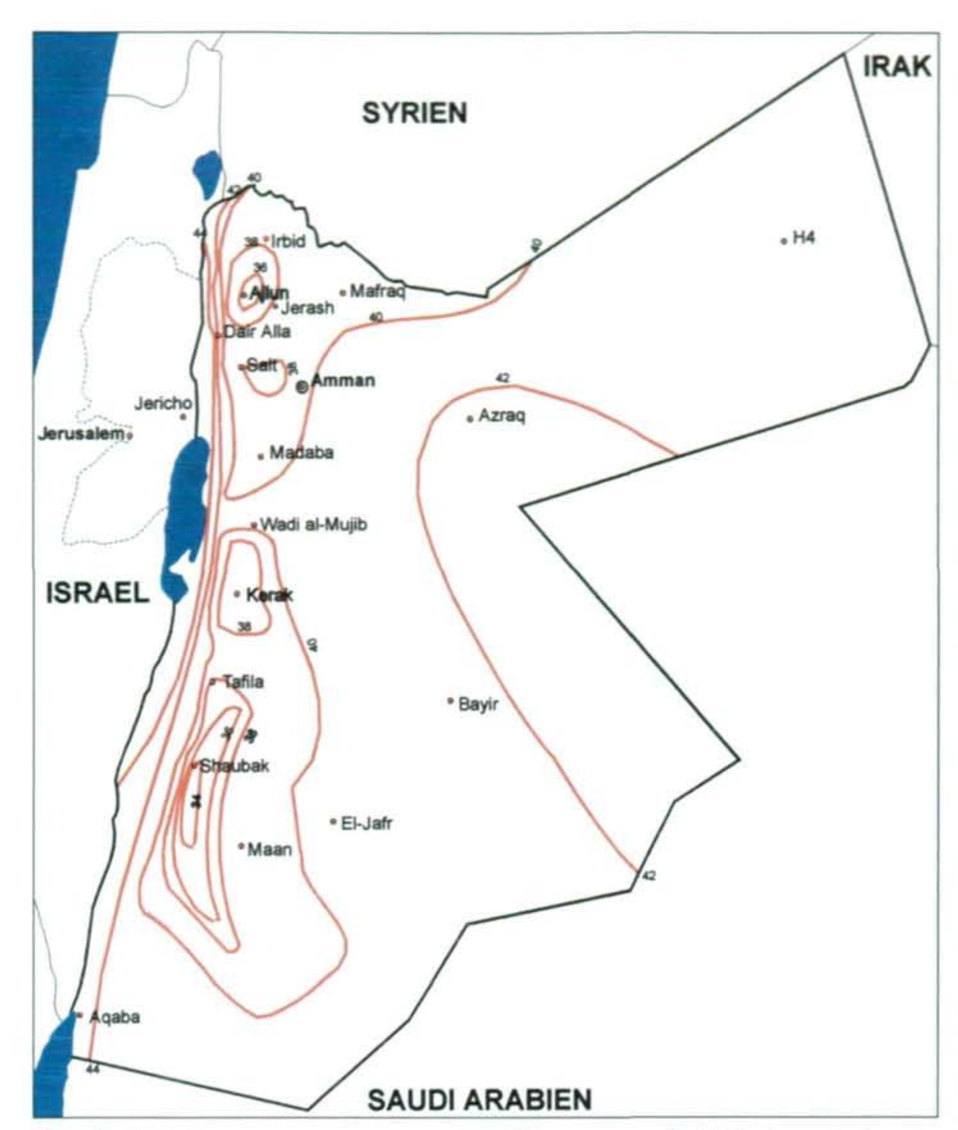


Abb. 8; Absolute Jahreshöchsttemperaturen in Grad Celsius.

(WILLIMOTT et al. 1964, zit. nach BAIERLE 1993).

Abgesehen vom Regen, vermehrt auch Tau in Wüstengebieten die verfügbaren Wassermengen nicht unerheblich, wie das auch von den küstennahen Dünengebieten der chilenisch-peruanischen Atacama und der Namib in Südwestafrika bekannt ist. Im Negev konnte eine durchschnittliche Taumenge von 33 mm/Jahr ermittelt werden, die mehr als einem Drittel der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge entspricht (ORSHAN 1986).

Temperatur

Trotz durchaus bedeutender Schwankungen zwischen einzelnen Jahren, nimmt die Jahresdurchschnittstemperatur generell von Norden nach Süden zu. Zusätzlich beeinflussen Höhenlage und Topographie die Temperaturverteilung in größerem Maße. Die Isothermen, also Linien, welche Punkte gleicher Jahresdurchschnittstemperatur miteinander verbinden, folgen den Höhenlinien und erstrecken sich in Nord-Süd-Richtung (Abb. 7). Die höchsten Jahresdurchschnittstemperaturen wurden mit 25,1° C in Ghor es Safi am Südende des Toten Meeres registriert, die tiefsten mit 12,5° C im über 1300 m hoch gelegenen Shoubak. Ähnlich verhalten sich auch die durchschnittlichen jährlichen Temperaturmaxima und -minima. Während des Sommers kann die Temperatur im Wadi Araba schon auf 45° C steigen. Im südlichen Aqaba registrierte man im August 2003 mit 51,4° C die höchste in Jordanien jemals gemessene Temperatur (WAITZBAUER, mdl. Mitt. 2003), die Region um Shoubak weist mit 5,7° C die tiefste Minimumtemperatur im Jahresdurchschnitt auf (NATIONAL ATLAS OF JORDAN 1984).

Der Jänner ist mit einem durchschnittlichen Minimum von 0,5° C der kälteste, der August mit einem durchschnittlichen Maximum von 38,8° C der heißeste Monat (Abb. 8, 9).

Diese großen Temperaturgegensätze mögen verwundern, doch herrscht in allen wüstenhaften Gebieten durch die bei meist klarem Himmel starke tägliche Wärmeeinstrahlung aber auch eine ebenso hohe Temperaturabstrahlung während der Nachtstunden. Die Differenz zwischen den durchschnittlichen täglichen Maximal- und Minimalwerten ist daher im Norden auf dem Plateau östlich des Jordantales um Irbid und im Süden, im Randgebirge zum Graben um Tafila mit 12° C am geringsten, während sie in den Wüsten des Ostens und im Südosten um Maan mit 18° C ein Maximum erreicht (NATIONAL ATLAS OF JORDAN 1984).

Ausschlaggebend für die Verteilung der Vegetation scheinen hierbei nicht die Jahresmittelwerte der Temperatur, sondern das Erreichen lebensfeindlicher Grenzwerte der Temperaturmaxima und -minima im Jahresverlauf, sowie deren Dauer zu sein.

Relative Luftfeuchtigkeit

Die Wintermonate weisen durch die tieferen Temperaturen und die – vor allem im Bergland entlang des Grabenbruches – höheren Niederschlagsmengen Luft-Feuchtigkeitswerte bis zu 70 % auf und selbst in den

Wüstenregionen werden 50% erreicht. In den heißen Sommermonaten von Juni bis August sinkt die Luftfeuchtigkeit auf die niedrigsten Werte ab und beträgt dann im Norden etwa 50 % und im Süden nur 30 % und darunter und sinkt sogar auf nur 20 % in der südöstlichen Wüstendepression von El Jafr.

Sonneneinstrahlung

Die Sonneneinstrahlung wird in Jordanien üblicherweise in 2 m Höhe gemessen. Der jährliche Durchschnittswert nimmt von Westen nach Osten und Südosten stetig zu, und steigt von 400 cal/cm²/Tag in den gebirgigen Regionen mit höherem Bewölkungsgrad auf 550 cal/cm²/Tag in den Wüstengebieten, wo die stabile Hochdrucklage eine Abnahme der Bewölkung verursacht. Der jährliche Zyklus der Sonneneinstrahlung reicht – eng korreliert mit dem Sonnenstand, der Tageslänge und mit der Zunahme der Bewölkung im Winter – von einem Minimum im Jänner zu einem Maximum im Juni.

Wind

Jordanien wird von den atmosphärischen Hoch- und Tiefdruckgebieten über dem Mittelmeer, Südwestasien und Nordafrika beeinflusst.

Die entstehenden Windsysteme im Hochland Jordaniens sind überwiegend Westwinde während des Sommers und Südwestwinde während des Winters. In den östlichen und südlichen Wüstengebieten herrschen West- bis Nordwest- und Südwestwinde vor. Aufgrund der allgemeinen Topographie des Wadi Araba-Jordan Grabens wehen dort die Winde meist aus der Nordrichtung.

Während des Winters und besonders im Frühling kann der **Khamzin**, ein heißer, staubführender Wind aus den Wüsten im Osten, der arabischen Halbinsel oder dem Sinai blasen. Das Wort bedeutet im Arabischen „50 Tage" und erfolgte in Anlehnung an die mögliche Dauer dieses Windes (VESILIND 1993). Die austrocknende Wirkung dieses Wüstenwindes ist ökologisch von Bedeutung: So stieg im April 1999 während eines Khamzin von nur wenigen Tagen Dauer im Wadi Araba die Lufttemperatur innerhalb von 12 Stunden von 26 auf 50° C bei gleichzeitigem Abfall der Luftfeuchtigkeit von 35 auf 17 %! Innerhalb eines Tages vertrocknete damals die in voller Blüte stehende annuelle Vegetation (WAITZBAUER, mündl. Mitt.).



Abb. 9: Absolute Jahrestiefsttemperaturen in Grad Celsius.

Aufgrund der offenen Landschaft mit fehlender Bremswirkung durch dichte oder höhere Vegetation, trägt stärkerer Wind besonders in den Wüstengebieten während der sommerlichen Trockenheit stark zur Erosion der Böden bei (vgl. Kap. Hydrogeologie). Gleichzeitig sei hier auch auf die enorme Erosionswirkung des Windes bei der physikalischen Abtragung der weichen Sedimentschichten in der südlichen Sandsteinwüste des Wadi Rum hingewiesen. Die phantastische Gestaltung der markanten Felsenreliefs, die Entstehung von Hohlformen, Tafonis, pilzartigen Steingebilden und -säulen kann weitgehend der schleifenden Langzeitwirkung des mit Sand beladenen Windes zugeschrieben werden (Abb. 10).

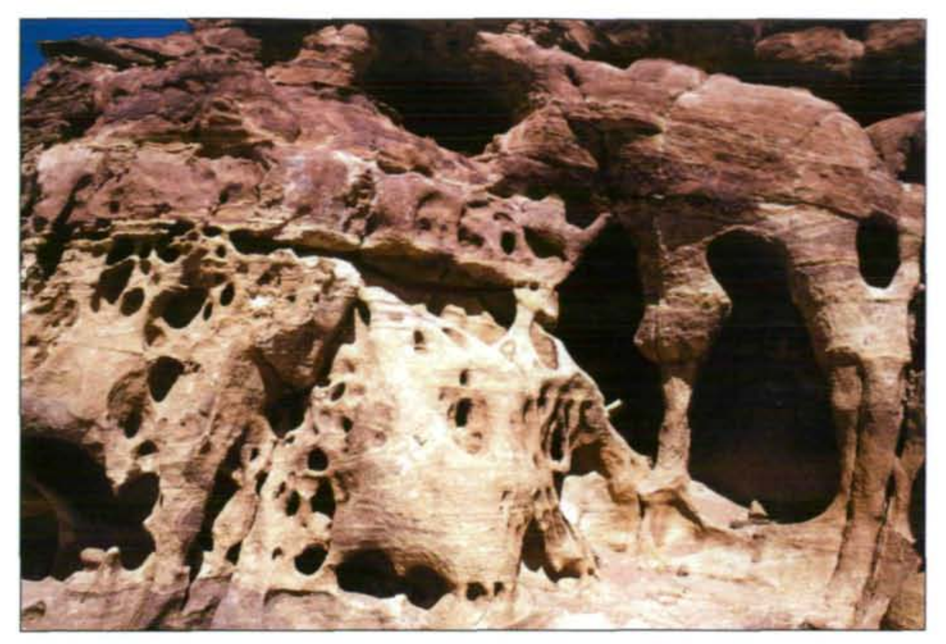
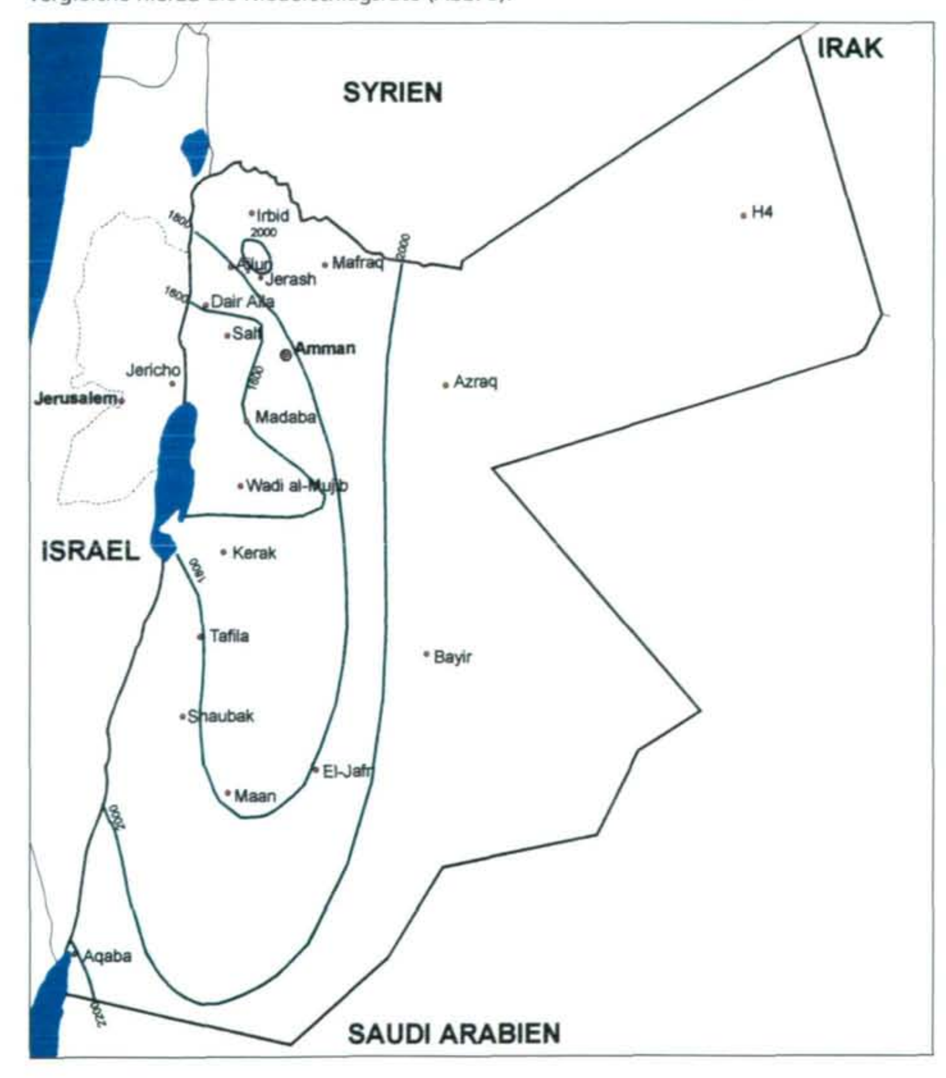


Abb. 10: Erosion durch physikalisch-chemische Verwitterung, Niederschläge und das Sandstrahlgebläse des Windes im weichen Sandstein des Wadi Rum.

Abb. 11: Durchschnittliche jährliche Verdunstungsrate (Evaporation) in mm. Man vergleiche hierzu die Niederschlagsrate (Abb. 3).



Evaporation

Dieser Begriff bezeichnet die Gesamtmenge an Wasser, die pro Zeiteinheit von einer Fläche mit definierter Größe verdunstet werden kann. Starke Sonneneinstrahlung und die damit verbundene Oberflächenerwärmung fördern die Geschwindigkeit der Verdunstung. Das Evaporationsvermögen ist also in der Wüste größer als in kühleren Klimaten. Beispielsweise erreicht dieses in den subtropischen Trockengebieten 10-15 mm/m^2/Tag, in Gebieten mit mediterranem Klima – auch während der Trockenzeit – hingegen nur 5-6 mm (LARCHER 1994). Vergleichbar, wenn auch mit größerem Schwankungsbereich, sind auch die Verdunstungswerte in der Sahara mit 11-20 mm/m^2/Tag (SMITH 1984).

Wenn der monatliche Niederschlag niedriger ist als die Evaporation, wie dies in allen Gebieten Jordaniens im Jahresdurchschnitt sogar in den Wintermonaten der Fall ist, kommt es zu einem Defizit des Bodenwasserhaushaltes. Das im Boden gespeicherte Wasser wird dann kapillar an die Oberfläche gezogen, wo es verdunstet ohne im gleichen Maß ersetzt zu werden. Auswirkungen dieses Vorganges auf die Bodenstruktur werden im Kap. Hydrogeologie dargestellt.

Die höchsten Evaporationsraten von 7400 mm/Jahr weisen die östlichen und südlichen Wüstengebiete und das Jordantal auf; (noch extremer ist die Verdunstung in der zentralen Sahara mit gemessenen 8200 mm (SCHIFFERS 1971)). Im nördlichen und zentralen Teil der Bergregion östlich des Grabens belaufen sich die Werte auf weniger als 3000 mm/Jahr, und in den Bergen um Shoubak und Tafila liegen sie unter 2800 mm/Jahr (ALEX 1985). Im jährlichen Durchschnitt übersteigt die Evaporation in den westlichen Landesteilen die 1800 mm Grenze nicht und beträgt für die Wüstengebiete ziemlich einheitlich 2000 mm (Abb. 11). Geringere Evaporation durch niedrigere Temperaturen hat zur Folge, dass in der niederschlagsarmen Region doch noch relativ viel Wasser zur Verfügung steht. Sie erlaubt die Einordnung in einen „regenreichen" Klimatyp, wie das nachfolgend vorgenommen wird. Dennoch übersteigt die Evaporation auch in den letztgenannten kühleren Regionen bei weitem die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge.

Klimaregionen

Die räumliche Verteilung der Klimafaktoren begrenzt 4 Großklimabereiche, die wieder in 9 kleinere Klimazonen unterteilt werden können. Ihre Charakterisierung erfolgt in der wissenschaftlichen Literatur nach unterschiedlichen Kriterien, wie etwa der mittleren Tiefsttemperatur des kältesten Monats (m) und den durchschnittlichen Jahresniederschlägen (P[4]) (KÜRSCHNER 1986) oder durch die 350 mm-Isohyete als grobe Grenze zwischen ariden und mediterranen Gebieten. Die 100 mm-Isohyete hingegen trennt semi-aride Steppen von ariden Wüsten (ORSHAN 1986) (Tab. 1).

Klimazone	Mittelwert der Tiefsttemperatur des kältesten Monats in °C	Mittlerer Jahresniederschlag in mm
I. Subhumide Zone, temperate Varietät (V1)		
V1	3,0 < m < 4,3	P > 600
II. Semi-aride Zone, kalte (V1) bis temperate (V2) Varietät		
V1	m > -1,4	P > 250
V2	2,4 < m < 5,8	200 < P < 500
III. Gemäßigt aride Zone, kalt-temperate (V1), temperate (V2) und warm bis sehr warme (V3) Varietät		
V1	0,7 < m < 2,8	150 < P < 250
V2	3,3 < m < 5,7	100 < P< 200
V3	7,3 < m < 10,9	270 < P < 380
IV. Aride Zone, kalt bis kalt-temperierte (V1), temperierte (V2) und warme bis sehr warme (V3) Varietät		
V1	-0,3 < m < 2,6	31 < P < 90
V2	3,4 < m < 4,1	50 < P < 60
V3	8,8 < m < 12,0	38 < P < 85

Tab. 1: Kllimaregionen

Das Klima der mediterranen Ökozone

tritt in zwei Varianten auf:

Das kühl-temperate regenreiche Klima ist durch regenreiche Winter und milde Sommer charakterisiert und tritt lokal im Bergland von Ajlun im Norden auf mit >600 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag, mittleren Tageshöchsttemperaturen im Juli um 30° C und Tagestiefsttemperaturen im Dezember um 4° C, sowie in der Gegend um Shoubak im Süden mit 300 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag, durchschnittlichen Tageshöchsttemperaturen im Juli um 28° C und Tagestiefsttemperaturen im Dezember um 0° C.

Das warm-temperate regenreiche Klima umsäumt diese beiden voran genannten Klimaareale im Norden und Süden und ist vor allem für ein größeres Areal in den nördlichen Hügelgebieten um Irbid und Belqa (Balqa) typisch. Die jährlichen Niederschlagsmengen liegen zwischen 600-300 mm im Norden bzw. 300-200 mm im Süden. Die durchschnittlichen Tageshöchsttemperaturen im Juli belaufen sich auf 32° C im Norden bzw. auf 30° C im Süden, durchschnittliche Tagestiefsttemperaturen im Dezember auf ca. 6° C respektive 2° C im Süden.

Das mediterrane Klima entspricht in der sogenannten EMBERGER-Klassifikation (zit. National Atlas of Jordan 1984) dem „Semi-ariden Klima in den Hügelgebieten des Landes" und wird mehrfach in lokale Sub-Klimatypen unterteilt:

- semi-arider kühler Winter in den Bergen von Shara und Shoubak
- semi-arider milder Winter in den Bergen von Ajlun und Balqa
- semi-arider warmer Winter im Norden und in den Bergen des Moab (zwischen Wadi el-Hesa und Wadi Mujib)
- semi-arider heißer Winter im Norden des Jordantales.

Das Steppenklima

tritt in zwei Varianten auf:

Das kühle Steppenklima beeinflusst hauptsächlich die östlichen Leeseiten des Randgebirges, wo der durchschnittliche jährliche Niederschlag weniger als 300 mm beträgt und die Jahresdurchschnittstemperatur 18° C nicht übersteigt.

Das warme Steppenklima kennzeichnet vor allem das Jordantal und die südlichen Bereiche der Hügel- und Berglandschaften östlich des Grabens durch höhere Jahresdurchschnittstemperaturen von 20-22° C.

ORT	JÄNNER		APRIL		JULI		OKTOBER	
Irbid (600 m)	5-13° C	111 mm	10-22° C	51 mm	9-31° C	0 mm	15-27° C	14 mm
Amman (800 m)	3-12° C	64 mm	9-23° C	15 mm	18-32° C	0 mm	14-27° C	7 mm
Petra (1100 m)	4-12° C	43 mm	11-22° C	14 mm	18-36° C	0 mm	14-24° C	2 mm
Rum (950 m)	4-15° C	19 mm	12-25° C	7 mm	19-36° C	0 mm	13-29° C	2mm
Totes Meer (-400 m)	11-21° C	13 mm	19-31° C	7 mm	27-40° C	0 mm	22-33° C	0 mm
Aqaba (0 m)	9-21° C	5 mm	17-31° C	4 mm	25-39° C	0 mm	20-33° C	1 mm

Das Steppenklima entspricht nach der EMBERGER-Klassifikation dem „Ariden Klima in den Hügelgebieten des Landes" und wird mehrfach in die genannten lokalen Sub-Klimatypen unterteilt:

- Arider temperater Winter in Amman, Mafraq und im Wadi Dhuleil-Gebiet
- Arider warmer Winter in den ostseitigen Bergen
- Arider heißer Winter im Jordantal bis zum Toten Meer.

Das Wüstenklima

Dieser Klimatyp prägt vier Fünftel der Landesfläche und tritt in zwei Varianten auf:

Das kühle Wüstenklima unterscheidet sich vom folgenden durch die weniger extremen Temperaturen, der Jahresdurchschnitt liegt unter 18° C, der jährliche Durchschnittswert der Niederschläge sinkt auf einen Wert von unter 150 mm/Jahr (vgl. Abb. 3). Dieser Klimatyp ist für nördlichen und westlichen Wüstengebiete typisch.

Das warme Wüstenklima kennzeichnet weite, wüstenartige Landesteile im Osten und Süden, der mittlere Jahresniederschlag sinkt im Wadi Araba auf 50-100 mm ab.

Nach der EMBERGER-Klassifikation wird zwischen der sehr ariden Wüste des Wadi Araba und den kühleren Wüstengebieten östlich des Randgebirges differenziert, zudem werden die genannten lokalen Sub-Klimatypen unterteilt:

- Sehr arider temperater Winter in der Wüstenregion im Osten und Süden. Dieser Klimatyp ist in Jordanien am weitesten verbreitet und deckt 70 % der Landesfläche ab.
- Sehr arider warmer Winter in einem schmalen Streifen an der Westseite der Berge
- Sehr arider heißer Winter in der Region zwischen dem Golf von Aqaba und dem Toten Meer.

Zusammenfassung

Jordanien wird durch verschiedene Klimaregionen beeinflusst, die – abhängig von der Höhenlage und der geographischen Breite – von Norden nach Süden und von Westen nach Osten unterschiedliche Bedeutung haben. Die vegetationsreichen nördlichen und westlichen Hügel werden von der mediterranen Klimazone mit durchschnittlichen Niederschlagsmengen von 550 mm und gemäßigten Temperaturen geprägt. Mediterrane Einflüsse findet man auch im Süden Jordaniens in höheren Lagen des gebirgigen Hochlandes östlich des Grabenbruches. Tiefste Temperaturen mit 3°C werden – begleitet von Regenfällen – im Jänner registriert, können aber in Höhen über 800 m mit gelegentlichen Schneefällen auch unter den Nullpunkt fallen. In östlicher und südlicher Richtung wird das Klima infolge der Nähe zu den weiten Wüsten Syriens und Arabiens trockener und heißer. Das Ausmaß und der jahreszeitliche Beginn der Niederschläge variieren von Jahr zu Jahr. Im Süden beträgt die durchschnittliche Niederschlagsmenge 50 mm, in extremen Jahren 25 mm und darunter. Nichts desto weniger können gelegentliche Unwetter gefährlich werden und großflächige Erosionen verursachen.

Der meist wolkenlose Himmel über der Wüste und die intensive Strahlung schaffen große Tag-Nacht-Temperaturgegensätze. Im Wüstensommer steigt die Temperatur durchschnittlich auf 40 °C, in extremen Jahren wurden in Aqaba, im Wadi Araba und in der Senke des Toten Meeres sogar 53 °C im Schatten gemessen. Wenn gelegentlich der „Samum", ein heißer und trockener Wind aus dem Sinai weht, kann die Lufttemperatur innerhalb von Stunden um über 15°C ansteigen. Für die Vegetation, insbesondere auf Kulturflächen, ist das ein großes Problem.

Die vergangenen Jahre waren in Jordanien regenarm und die Sommer sehr heiß. Im Zusammenhang mit dem weltweiten Klimawandel kann das innerhalb der nächsten Jahrzehnte zu dramatischen Folgen für die Landwirtschaft, den Viehbestand und die Erneuerung der Trinkwasservorräte führen.

Literatur

ABU-SAFAT M. (1986-87): Verwitterung und Hangabtragung im „Nubischen Sandstein" Südjordaniens. — Mitteil. d. Fränk. Geogr. Gesell. **33/34**: 129-256.

AL-EISAWI D.M. (1985): Vegetation of Jordan. — In: HADIDI A. (Ed.): Studies in the history and archaeology of Jordan II. Ministry of Archaeology, Amman: 45-57.

ALEX M. (1985): Klimadaten ausgewählter Stationen des Vorderen Orients. — Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe A, Nr. **14**, Wiesbaden.

ALLISON R.J., HIGGITT D.L., KIRK A.J., WARBUTON J., AL-HOMOUD A.S., SUMMA B.F. & K. WHITE (1998): Geology, geomorphology, hydrology, groundwater and physical resources. — In: DUTTON R.W., CLARKE J.I. & A.M. BATTIKHI (Eds.), Arid land resources and their management. Jordan's desert margin. Kegan. London: 21-44.

ATKINSON K. & P. BEAUMONT (1971): The forests of Jordan. — Economic Botany **25**: 305-311.

BAIERLE H.U. (1993): *Vegetation und Flora im südwestlichen Jordanien.* — Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart: 1-254, 7 Beilagen.

BENDER F. (1968): Geologie von Jordanien. — Beiträge zur regionalen Geologie der Erde. Gebrüder Borntraeger Verlag, Stuttgart, Berlin: 1-230.

FREY W. & H.P. UERPMANN (1981): Beiträge zur Umweltgeschichte des Vorderen Orients. — Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe **A**, Nr. **8**, Reichert Verlag, Wiesbaden: 1-285.

EL-EISAWI D.M. (1985): Vegetation of Jordan. — In: HADIDI A. (ed.): Studies in the history and archaeology of Jordan II. Ministry of Archaeology, Amman: 45-47.

HATOUG-BOURAN A.M. (Ed.) (1998): Jordan country study on biological diversity. — UN-Environment Progr., National Library of Jordan, Amman: 1-416.

HOROWITZ A. (1988): The Quaternary environments and paleogeography in Israel. — In: YOM-TOV Y. & E. TCHERNOV (Eds.): The Zoogeography of Israel, Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster: 35-58.

HOROWITZ A. & G. ASSAF (1981): The Pluvial and Interpluvial Climates of the Levant. — In: FREY W. & H.P. UERPMANN (Eds.): Beiträge zur Umweltgeschichte des Vorderen Orients. Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe **A**, Bd. **8**.

JAFFE S. (1988): Climate of Israel. — In: YOM-TOV Y. & E. TCHERNOV (Eds.): The Zoogeography of Israel, Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster: 79-94.

KÜRSCHNER H. (1986): A physiognomical-ecological classification of the Vegetation of southern Jordan. — In: Contributions to the Vegetation of Southwest Asia, Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe **A**, Nr. **24**, Reichert Verlag, Wiesbaden: 45-80.

LARCHER W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen. — 5. Aufl., Ulmer-Verlag, Stuttgart: 1-304.

LARSEN T.B. & I. NAKAMURA (1983): The Butterflies of East Jordan. — Entomologist's Gazette **4**: 135-208.

National Atlas of Jordan (1984): Climate and Agroclimatology. — Jordan Nat. Geogr. Center, Amman.

ORSHAN G. (1986): The deserts of the Middle East. — In: EVENARI M., NOY-MEIR I. & D. GOODALL (Eds.): Hot deserts and arid shrublands, Ecosytems of the World **12B**, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

PURSCHKE D. (1990): Das Nordostjordanische Hochland. Analyse und Bewertung des Naturraumes als agrares Nutzpotential. — Dissertation, Universität Ravensburg: 1-124.

SCHIFFERS H. (Ed.) (1971): Die Sahara und ihre Randgebiete. Darstellung eines Naturgroßraumes. Physiogeographie. — FO-Institut f. Wirtschaftsforschg. München, Afrika-Studien **60**, Weltforum Verlag, München: 1-674.

SMITH G. (1984): Climate. — In: CLOUDSLEY-THOMPSON J.L. (Ed): Key environments. Sahara Desert 17-30. Pergammon Press, Oxford, London: 1-348.

TELLER M. (2002): The rough guide to Jordan. — Rough Guides, London: 1-474.

VESILIND P.J. (1993): Middle East Water. — National Geographic **183**: 5.

WILLIMOTT S.G., BIRCH B.P., MCKEE R.F., ATKINSON K. & B.S. NIMRY (1963): The Wadi el Hassa survey. Jordan. — Univ. of Durham, Dept of Geography Report.

WOLFART R. (1987): Late Cretaceous through Quaternary *Paleogeographic Evolution of the* Middle East. — In: KRUPP F., SCHNEIDER W. & R. KINZELBACH (Eds.): Proceedings of the Symposium on the Fauna and Zoogeography of the Middle East, Mainz 1985. Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe A, Band **28**: 9-23.

ZOHARY M. (1973): Geobotanical foundations of the Middle East. — 2 vols., Fischer Verlag, Stuttgart: 1-739.

Anschrift der Verfasser:

Univ. Prof. Dr. Wolfgang WAITZBAUER
Universität Wien
Institut für Ökologie und Naturschutz
Althanstraße 14
A-1090 Wien/Austria
E-Mail: Wolfgang.Waitzbauer@univie.ac.at

Mag. Bibiane PETUTSCHNIG
147 South Oxford Street, Apt. 4B
Brooklyn NY 11217
USA
E-Mail: b.petutschnig@gmx.at